

SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Editorial
On line

Noves perspectives en l'estudi de la mida i forma dels organismes

La Morfometria comprèn l'estudi de la forma i la mida dels organismes. Descriure i entendre la forma d'un ésser és bàsic a l'hora de determinar no només les relacions dels organismes entre ells sino també les existents amb l'ambient que els enrevolta. La forma d'un individu canvia al llarg de la seva vida mentres que la forma d'una població d'individus o d'una espècie varia al llarg de la seva evolució. No és fàcil descriure la forma, –només ***mida*** es suficientment complicat de definir. És la massa? És l'àrea? qualque dimensió lineal afavorida? o què?. La forma és inclús més difícil de descriure – encara que quasi tothom coincideix en que dos éssers tenen la mateixa forma si les seves proporcions són les mateixes. A fi d'entendre i comparar biològicament diferents formes hauríem de dividir el concepte de ***forma*** en petites parts significatives. Una o més estructures poden ser relativament més grosses que altres i presentar diferències òbvies de forma, per exemple, els goril.les mascles tenen els ullals més llargs i els punts d'inserció dels músculs al crani més grans que les femelles. La forma no és constant dins d'una mateixa espècie –el dimorfisme sexual és simplement un tipus més de polimorfisme. Aquest fenomen abunda entre poblacions i entre espècies i és molt important per comprendre el concepte d'espècie en termes d'ecologia i d'evolució.

Des de finals del segle passat les mesures d'individus van servir d'eina per descriure les diferents espècies. Posteriorment, aquestes mesures van ser retreballades com a dades estadístiques que es van començar a emprar en història natural, evolució, ecologia i sistemàtica per tal d'explicar la mida i la forma. Les principals tendències i rangs de variació de les mostres van ser àmpliament comentades i usades en estudis comparatius. Durant els darrers trenta anys, l'anàlisi multivariada ens ha permet descriure i comparar sèries de caràcters mesurats entre diferents mostres d'organismes. I, actualment, aquest procés s'ha convertit pràcticament en una rutina pel que respecta a estudis sistemàtics i evolutius.

Els peixos, els mamífers, les aus, els mol.luscs, els foraminífers, els ostràcodes, éssers vius amb parts dures, però a vegades sense, com els nematodes han estat descrits mitjançant sèries estandaritzades de mesures. Aquestes, han estat analitzades amb Programari d'estadística existent als ordinadors actuals. Però, els mètodes són abstractes les representacions estadístiques es basen en gràfics limitats que pretenen mostrar les dades de la variabilitat dels organismes mitjançant representacions gràfiques i només poden mostrar tendències o agrupacions a nivell de dues mesures. Els càlculs multivariats com el de components principals, resumeixen les mesures d'una sèrie de factors també en termes de representacions gràfiques bivariants.

Amagat darrere aquest desenvolupament estadístic havia un mètode apropiat de comparació gràfica entre organismes, que va ser suggerit a començaments d'aquest segle per D'Arcy Wentworth Thompson, encara que les seves arrels es troben als treballs d'artistes renacentistes. Aquest mètode consistia en col.locar punts o marques d'un organisme a una quadrícula, i després aquesta es deformava per mostrar la configuració dels punts homòlegs a un altre organisme ara es diu popularment el mètode de la forma ("morphing").

Als darrers deu anys aquesta metodologia s'ha formalitzat amb un fort desenvolupament de programes matemàtics. Hi ha un Programari que permet comparar les formes dels individus i la seva mida. La variació entre diferents organismes es pot estudiar i analitzar emprant moderna estadística multivariada. Endemés, els resultats es poden presentar en tres dimensions. Això ha estat anomenat com la ***revolució de la morfometria*** (Rohlf i Marcus, 1993).

Els estudis seriosos sobre la forma dels organismes són avui realment possibles ja que s'analitzen i registren punts homòlegs dels propis éssers, i no pas les mesures usuals fins ara. Una marca és un punt homòleg a molts individus com les interseccions de sutura dels cranis, punts de màxima corvatura o la unió de diferents parts. Les simples mesures només registren els aspectes que els organismes poden o no tenir en comú, mentres que els punts homòlegs ens donen la posició a l'espai (coordenades x, y, z) a partir de les quals es podrà obtenir una representació abstracta de l'organisme estudiat. No és possible dibuixar un ésser a partir d'una sèrie de mesures (a menys que aquestes siguin molt exhaustives) però sí és factible obtenir una imatge d'un organisme si s'han registrat les seves marques. A més a més, les mesures tradicionals es poden obtenir a partir de les marques.

Bookstein (1991), Rohlf (1996) i Slice (1996) han resumit gran part de la teoria que sintetitza els aspectes matemàtics, estadístics i biològics de la morfometria geomètrica. Slice i Rohlf han aportat el Programari que permet realitzar les operacions d'aquesta nova metodologia. Les representacions gràfiques dels organismes es fan en funció dels punts homòlegs i conformen una gran part d'aquestes anàlisis.

La ***morfometria geomètrica (o nova)*** alinea les configuracions dels punts homòlegs amb una posició central comú; després iguala les seves escales

–marcant una única mesura de la mida, la mida centroide i per últim, les fa rotar per tal de minimitzar les diferències entre els punts homòlegs d'una sèrie d'organismes. L'anàlisi de la variació residual obtinguda amb aquest procés permet conèixer les diferències entre organismes en termes globals o de comparació de formes afins -estirament o encolliment simple en qualque direcció- o, també, de comparacions més localitzades, des de gradients suaus fins a diferències locals de les configuracions dels puns homòlegs. Per això, la forma de l'organisme es divideix en diferents apartats per obtenir representacions descriptives i esquemes de les diferències. També es pot aplicar el repertori estàndard de les anàlisis estadístiques.

Encara que la teoria està actualment ben desenvolupada, l'aplicació pràctica d'aquest mètode als problemes de la sistemàtica i l'evolució està només començant a aparèixer a les revistes i simposia especialitzades. Moltes aplicacions juntament amb un glossari de la terminologia relacionada es troben a Marcus *et al.* (1996). Una direcció d'internet (http:/life.bio.sunysb.edu/morph/morph.html) permet, des de qualsevol lloc del món, l'accés al Programari, a les sèries de dades, al glossari, a les referències bibliogràfiques i a les notícies sobre el desenvolupament d'aquest camp que evoluciona tan ràpidament.

Traduït per la Junta de Publicacions

New Ways of Studying Size and Shape of Organisms

Morphometrics is the study of the form of organisms –their size and shape. Describing and understanding form is basic to our determination of the relationships of organisms not only to each other, but also to their environment. The form of an individual organism changes throughout its life, while for populations of organisms or species form changes through evolution. Form is not easy to describe- ***size*** is difficult enough. Is it mass? area? some favored linear dimension? or what? **Shape** is even harder –though most agree that two organisms have the same shape if they have all the same proportions. In order to understand and compare shapes we must partition shape into meaningful quantities for comparative biology. One or more structures may be relatively larger and demonstrate obvious shape differences, for example, male gorillas have longer canines and larger ridges for muscle insertions on the skull than do females. Form is not constant for a species -sexual

dimorphism is but one form of polymorphism. Polymorphisms abound within populations and species and are important for understanding species in terms of ecology and evolution.

From the end of the last century, measurements of individual organisms served as descriptive tools for species. Later these measurements were summarized in the form of descriptive statistics which began to be used in natural history, evolution, ecology and systematics to summarize size and shape. Central tendencies and ranges of variation for samples were popularly reported and used in comparative studies. In the last 30 years multivariate statistics allowed us to describe and compare numbers of measured characters among samples of organisms. These have become almost routine in many evolutionary and systematic studies.

Fish, mammals, birds, mollusks, foraminifera, ostracods - organisms with hard parts, but in some cases those without, e.g. nematodes, have been described using standardized sets of measurements. These measurements have been analyzed using statistical software available on modern computers. However, the methods are abstract - the statistical presentations are supported by limited graphics which attempt to show patterns of organism variability in the form of **scattergrams**- which can only show trends or groupings in terms of two measurements. Multivariate ordinations such as principal components summarize measurements of a number of features again in terms of bivariate scattergrams.

Lurking behind this development was an ad hoc method of graphical comparison of organisms suggested early in this century by D'Arcy Wentworh Thompson, but with roots in the work of Renaissance artists. Points or landmarks on one organism were placed on a grid, and then the grid was distorted to show the configuration of the common points in another organism - now popularly called ***morphing***.

In the last ten years this methodology has been formalized, with a firm mathematical underpinning. Free software is available to compare the shapes of organisms and summarize size. Variation among organisms can be examined, and analyzed using modern multivariate statistics and the results displayed in the three-dimensional space of the organisms themselves. This has been called a ***revolution in morphometrics*** (Rohlf and Marcus, 1993).

By recording and analyzing ***landmarks*** of organisms rather than the usual measurements, studies of shape are now truly possible. A landmark is a homologous point across individuals - such as suture intersections in skulls, tips of processes, points of maximum curvature, or a juncture of different parts. Measurements only archive features of organisms which may or may not contain points in common, while landmarks give the position in space (x, y, and z coordinates) from which an abstract representation of an organism can be displayed and analyzed. You can not draw an organism from a set of its recorded measurements (unless they are exhaustive); but you can always display at least a cartoon of the organisms if landmarks are recorded. Furthermore, you can determine traditional measurements from the landmarks.

Bookstein (1991), Rohlf (1996) and Slice (1996) have summarized much of the theory that synthesizes the mathematics, statistics and biology of geometric morphometrics. Slice and Rohlf have provided free software for doing many of the operations involved in this new methodology. Graphical displays of organisms are summarized in terms of landmarks which form a major part of these analysis.

The ***new*** or ***geometric morphometrics*** aligns landmark configurations to a common central position; then scales them to the same size - setting aside a unique size measure, centroid size; and then optimally rotates them to minimize the differences among a set of organisms over all landmarks. Analysis of residual variation after this least squares fit allows resolution of differences among organisms in terms of global or affine shape comparisons - simple stretching or shrinking in some direction - or more localized comparisons from smooth gradients to local differences in configurations of landmarks. Shape is thus partitioned over the organism to provide descriptive displays and summaries of differences. The standard repertory of statistical analyses are applicable as well.

While the theory is well developed, applications to systematic and evolutionary problems are just appearing in journals and symposia articles. Many applications and a glossary for the terminology are given in Marcus *et al.* (1996). A world wide web site (http://life.bio.sunysb.edu/morph/morph.html) provides access to software, data sets, a glossary, references and news of new developments in this rapidly evolving field.

Citations

Bookstein, F.L. 1991. *Morphometric tools for landmark data: Geometry and biology.* Cambridge University Press: Cambridge.

Marcus, L.F., M. Corti, A. Loy, G.J.P. Naylor and D.E. Slice. 1996. *Advances in Morphometrics.* NATO ASI Series 284. Plenum Press: New York.

Rohlf, F.J. 1996. *Morphometric spaces, shape components, and the effects of linear transformations.* pp. 117-129. *In:* Marcus *et al.* 1996.

Rohlf, F.J. and L.F. Marcus. 1993. A revolution in morphometrics. TREE 8(4): 12-15.

Slice, D.E. 1996. *Three-dimensional generalized resistant fitting and the comparison least-squares and resistant-fit residuals.* pp. 179-199. *In:* Marcus *et al.* 1996.

Leslie F. Marcus
Department of Biology
Queens College of the City University of New York
and Department of Invertebrates
American Museum of Natural History
e-mail: marcus@amnh.org